



Mayo 2014 No. 11

PROBLEMAS URBANOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Iván Martínez

DIRECTORIO

***Oikos*= es una publicación periódica del Instituto de Ecología de la UNAM. Su contenido puede reproducirse, siempre y cuando se cite la fuente y el autor. Dirección: Circuito Exterior S/N, anexo Jardín Botánico, C.U., Del. Coyoacán, C.P. 04510. México, www.web.ecologia.unam.mx. Cualquier comentario, opinión y correspondencia, favor de dirigirla a: Biól. Gabriela Jimenez C., al Apartado Postal 70-275, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D.F., o a los faxes: (52 55) 5616-1976 y 5622-8995. Con atención a: Unidad de Divulgacion y Difusión, del Instituto de Ecología, UNAM.**



Foto de portada: Ciudad Universitaria, UNAM. Cortesía: Raúl Iván Martínez.

















Mayo 2014 No. 11

Contenido



De los editores

La labor del ecólogo moderno: entre lo urgente y lo indispensable

Luis E. Eguiarte, Clementina Equihua Z.
y César A. Domínguez

El trabajo de los ecólogos ha ido cambiando de manera drástica en los últimos años.

Hace relativamente poco, los ecólogos presumíamos que sólo necesitábamos para hacer investigación de una regla, papel y lápiz, y nos reíamos de los biólogos moleculares que se pasaban el día en bata en su laboratorio, sin salir al campo. Los tiempos han cambiado. El trabajo del ecólogo moderno implica no sólo el trabajo de campo tradicional, sino que necesita sofisticados laboratorios para los diferentes análisis químicos, genéticos o microbianos, así como de bases de datos cada vez más complejas y extensas. También dependemos de detallados datos geográficos, climáticos, poblacionales y genéticos, que implican un reto computacional antes insospechado, tanto para su análisis, como para almacenarlos.

Por otro lado tenemos un reto y una disyuntiva constante sobre lo que debemos hacer, ¿resolver los enormes y urgentes problemas ambientales? o ¿desarrollar la investigación básica indispensable para conocer a los organismos o ambientes que queremos conservar? Ambos problemas son gravísimos en México, pero son especialmente preocupantes dada la increíble riqueza y diversidad ambiental y biológica del país, aunados a la complejidad de nuestros problemas sociales y a la profunda pobreza de muchos de sus habitantes. Pensamos que la respuesta no es una disyuntiva, sino que tenemos que avanzar de manera paralela y energética en ambos frentes. Si no tenemos buenos datos biológicos, tratar de resolver problemas se vuelve un ejercicio no solo inútil, sino demagógico y peligroso. Tampoco es aceptable quedarnos en la "torre de marfil", con nuestros datos de comunidades naturales prístinas y de sus procesos evolutivos en el pasado, cuando México demanda resolver problemas ambientales y desigualdades.

La aparición de este número de *Oikos=* coincide con la muy esperada inauguración del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) de nuestro Instituto en abril del 2014. El espíritu de este laboratorio es que, en consonancia con nuestros párrafos anteriores, sea un lugar donde se realice investigación de punta para avanzar en la solución de los problemas ambientales del país y del mundo. En el LANCIS se abordará la investigación básica, y se aprovecharán todos los recursos computacionales y de investigación química y molecular para abordar los problemas biológicos y ambientales que enfrente el país. Se enfatizará en la docencia y formación de nuevos ecólogos con una visión moderna y multidisciplinaria.

Este número muestra varios aspectos de investigación y habilidades que requiere el ecólogo moderno. Por un lado, Víctor L. Barradas analiza y rechaza la idea de que el pintar de blanco azoteas y áreas urbanas pueda ayudar a controlar el incremento en la temperatura en la ciudades. Sus cálculos demuestran lo conveniente es el desarrollo masivo de azoteas verdes con las plantas adecuadas, y también incrementar la vegetación urbana. Los complejos problemas que implica mantener áreas naturales cerca o dentro de las ciudades, se describen con el análisis de un evento reciente de mortandad masiva de peces en los humedales de Xochimilco, realizado por Marisa Mazari Hiriart y Luis Zambrano González.

El ecólogo actual además de trabajar con poblaciones naturales, sus cambios o el clima, también debe conocer la compleja legislación y acuerdos globales que son relevantes. Así nos lo muestra la contribución que hacen Gerardo Rodríguez Tapia y Paulina Trejo Barocio, quienes analizan el cambio climático global y los diferentes acuerdos de los organismos internacionales que pretenden mitigarlo.

Estudiar nuestra diversidad es también una importante tarea del ecólogo de hoy. Por ejemplo, aunque se han gastado ríos de tinta para discutir el problema del maíz transgénico en México, se sabe poco de su domesticación y sus ancestros silvestres, y la mayor parte de este trabajo ha sido hecho por estadounidenses. Un alumno de licenciatura de nuestro Instituto, Alberto Villasante Barahona, nos platica de los primeros avances que se han obtenido en México analizando las poblaciones del maíz silvestre (el famoso *teocintle*) que aún se encuentran en nuestro país. El artículo nos recuerda la relevancia de la docencia y formación de los nuevos ecólogos que se necesitan con urgencia. Para concluir este ejemplar, Alejandro Córdoba Aguilar nos da su opinión sobre cómo podemos ayudar a formar mejores ecólogos del futuro.

Esperamos que a los lectores les parezca interesante este número, y como siempre, esperamos sus contribuciones y comentarios.



Artículos

¿Qué hace México frente al Cambio Climático?

Gerardo Rodríguez-Tapia y Paulina Trejo-Barocio

Durante al menos los últimos diez años, el cambio climático (entendido como las variaciones en el clima a nivel mundial y también conocido como cambio global y en nuestro país, frecuentemente usado como sinónimo de calentamiento global), ha sido uno de los temas más citados, al grado de convertirse en el "tema de moda" en muchos ámbitos. Gracias a ello, ha recibido atención local y regional en diversos países que se han encargado de analizar y monitorear las variaciones en el medio ambiente, por ejemplo sobre daños a los ecosistemas por deforestación. Los países que contribuyen con esta información son signatarios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), México es uno de ellos.

El Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), es una referencia obligada cuando hablamos de cambio climático. Éste es un órgano intergubernamental abierto a todos los países miembros de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el PNUMA. El IPCC ha contado con diferentes grupos de trabajo, quienes periódicamente realizan la evaluación objetiva, abierta y transparente de la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender, con bases científicas, los riesgos del cambio climático. Como resultado, el IPCC ha producido una serie de informes sobre diversos temas.

Los datos recopilados por el IPCC muestran cómo el cambio climático se presenta como una de las principales amenazas para la diversidad biológica, debido a que es capaz de alterar la estructura y funcionamiento de casi todos los ecosistemas del planeta. Esto podría causar una reducción en la biodiversidad. Entre los efectos más significativos del cambio climático a nivel mundial, podemos mencionar el incremento en el nivel del mar, la reducción del grosor del hielo del Ártico, el deshielo de las montañas más altas del mundo y el aumento de la temperatura global, entre otros. El aumento de la temperatura global se relaciona con blanqueamiento y muerte de la gran barrera de coral de Australia, con la consecuente reducción de biodiversidad.

En el caso de México, los resultados recientes del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1990-2010, publicado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), muestran que es muy probable que el clima sea de entre 2° y 4° C más cálido para el periodo 2020-2080, que en el centro del país se reduzca la precipitación en un 15% y que a nivel nacional se reduzca 10% la disponibilidad actual de agua. Todo esto, aunado a los problemas de deforestación, sequía y explotación de recursos naturales, representan graves amenazas para la biodiversidad del país.

El escenario futuro plantea cambios drásticos y rápidos que exceden la habilidad de muchas especies de adaptarse, lo que conlleva a que se reduzcan sus poblaciones, disminuye la diversidad e incluso implica que se extingan un gran número de especies. Lo anterior resulta muy alarmante, debido a que México es uno de los países con mayor biodiversidad; en ciertas zonas del país, si recorremos unos cuantos kilómetros, podemos encontrar especies totalmente diferentes (lo que los biólogos llamamos alta diversidad beta). En el contexto del cambio climático, esto se vuelve de gran relevancia y digno de análisis e investigación.

Los proyectos y acciones de trabajo en el marco de cambio climático deben considerar los aspectos científicos, tecnológicos y socioeconómicos de cada región, sector y sistema involucrado. Se deben adecuar al contexto nacional y sus necesidades particulares, con la aportación de los sectores como la sociedad civil, el sector académico y el gubernamental. En el sector académico, investigadores y alumnos de diferentes instituciones educativas se han dado a la tarea de contribuir con su trabajo a las metas y retos planteados por el IPCC para analizar, reducir y mitigar en efecto del cambio climático.

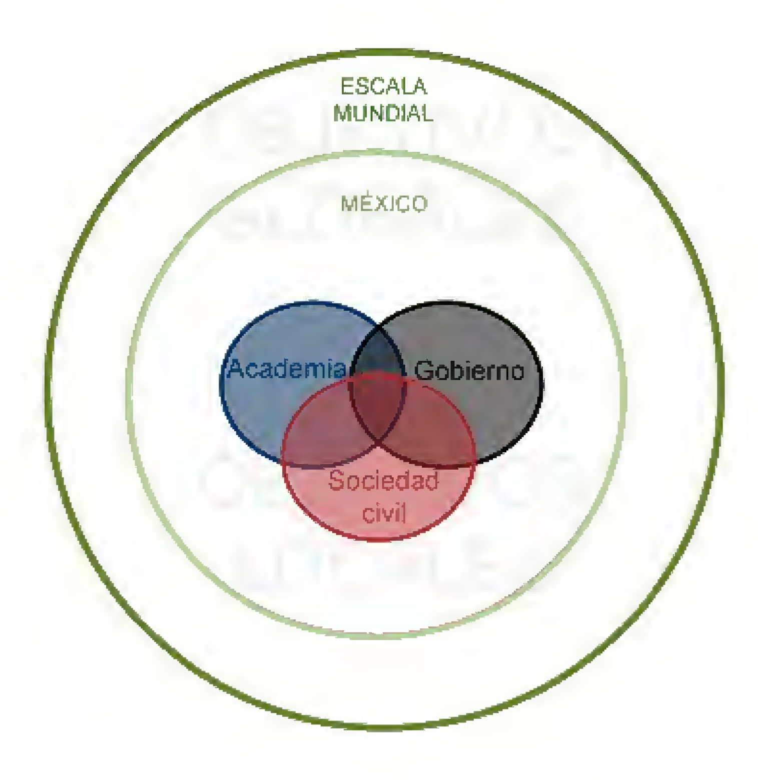
Cuadro 1. Encomiendas de cada uno de los grupos de trabajo del IPCC.

GRUPO	FUNCIONES
Grupo de trabajo 1	Evalúa solamente las bases científicas del cambio climático, analizando observaciones del pasado y haciendo simulaciones de los cambios a futuro.
Grupo de trabajo 2	Evalúa cuales son los posibles impactos del clima futuro en distintas regiones.
Grupo de trabajo 3	Se enfoca en presentar cuáles son las opciones de mitigación necesarias ante el cambio climático.



Como ejemplo de esto, la UNAM, por medio del Programa de Investigación en Cambio Climático (PINCC), reporta el avance en los siguientes aspectos: 1) generación de empleos verdes, 2) aprobación de la Ley General de Cambio Climático, 3) desarrollo de biocombustibles, 4) evaluación del gasto de agua en cultivos, 5) valoración del metabolismo urbano, 6) estudio de la vulnerabilidad de zonas costeras, 7) restauración de zonas lacustres y 8) adaptación de zonas metropolitanas. Se puede considerar que como un efecto secundario de estas actividades, la biodiversidad se puede beneficiar, debido a que se promueve la conservación y restauración de sus hábitats y la mitigación de los cambios ambientales que pudieran afectarla. Pero es importante desarrollar investigación e implementar políticas públicas centradas de forma concreta en la preservación de la biodiversidad.

Por su parte, el Instituto de Ecología de la UNAM en esta misma línea, desarrolla proyectos que muestran el efecto del cambio climático sobre diferentes factores biológicos. Ejemplos de esto son los trabajos con las aves llamadas"bobos de patas azules" (*Sula nebouxii*) en islas, analizando el efecto del fenómeno climático de El Niño. Por otro lado se ha estudiado la respuesta de las plantas frente a cambios atmosféricos y el efecto que induce el cambio del uso del suelo en el clima local en la región central montañosa de Veracruz. Otros estudios han estado enfocados en el análisis de islas de calor en ciudades; también en el efecto de los cambios de temperatura, el dióxido de carbono y los rayos ultravioleta en los ciclos del nitrógeno y carbono tanto en ambientes terrestres como acuáticos, en ecosistemas microbianos extremos de Cuatro Ciénegas, Coahuila y finalmente el estudio de las especies invasoras en el país y su propagación relacionada con el cambio climático. Con lo anterior, el Instituto de Ecología de la UNAM demuestra su interés y capacidad para contribuir a la investigación en México sobre el tema.



Actores involucrados en las principales acciones en torno al cambio climático y las diferentes escalas de trabajo a las que actúan.

A pesar de lo mencionado, es importante considerar que culpar al cambio climático como la única razón para explicar muchos de los fenómenos que afectan a la biodiversidad mundial, puede resultar un juicio muy aventurado y de muy corta visión; ya que de igual forma se han documentado y demostrado que existen otros procesos asociados a la pérdida de la diversidad biológica como la deforestación, el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas, entre otros.

Lo que en un hecho es que al igual que en el caso del cambio climático, la gran mayoría de los expertos coincide en que se trata de un fenómeno derivado de las múltiples y desmedidas actividades humanas.

Gerardo Rodríguez Tapia es biólogo de la Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza de la UNAM y es Técnico Académico a cargo de la Unidad de Geomática del Instituto de Ecología de la UNAM. Su principal interés es analizar el efecto del cambio climático y la deforestación en los patrones de distribución en diferentes grupos de organismos.

Paulina Trejo-Barocio es bióloga, estudiante de doctorado del Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM, su tesis la realiza en el área de investigación de Macroecología. Cursó el Diplomado en Divulgación de la Ciencia de la UNAM, participa activamente en proyectos de divulgación de la ciencia. Actualmente está abordando temas de sustentabilidad y medición de gases de efecto invernadero.

Para saber más

- Conde, C. 2011. *México y el Cambio Climático Global*. SEMARNAT. México, D.F.
- IPCC. 2007. *Cambio climático 2007. Informe de síntesis.* IPCC. Ginebra, Suiza.
- US Global Change Research Program. 2009. *Conocimiento climático. Los principios escenciales de la ciencia climática*. Washington, D.C. EUA.



Entre techos blancos y azoteas verdes: cambio climático urbano

Víctor L. Barradas

Actualmente se ha propuesto que una práctica adecuada para mitigar el cambio climático y sobretodo el cambio climático urbano, es blanquear techos y pavimentos de casas y edificios (véase Gaceta, UNAM, 21/01/13 p. 10). De esta forma se reflejaría una "gran cantidad" de radiación solar. Se ha llegado a proponer que los materiales de construcción, como los tabicones, sean blancos y además que tengan subvención gubernamental.

Esta propuesta ha llamado poderosamente la atención a nuestro grupo de trabajo en el Instituto de Ecología, debido a que desde hace algunos años hemos estado dedicados al estudio de la isla de calor urbana en particular, y en general, al clima urbano. La isla de calor urbana es un fenómeno meteorológico-climatológico que se presenta en las ciudades y que consiste en que el centro de la ciudad es más cálido que sus alrededores, debido principalmente a la urbanización (véase *Oikos=* 7). Este fenómeno puede tener efectos nocivos en las personas.

Actualmente hemos estado desarrollando un modelo de mitigación de la isla de calor urbana y encontramos que blanquear las ciudades con la idea de reflejar más la radiación solar tendría un efecto mínimo. También sería mínimo lo que se enfriarían los edificios por lo que tampoco se ahorraría mucho en el consumo de energía en aires acondicionados o sistemas de ventilación forzada.

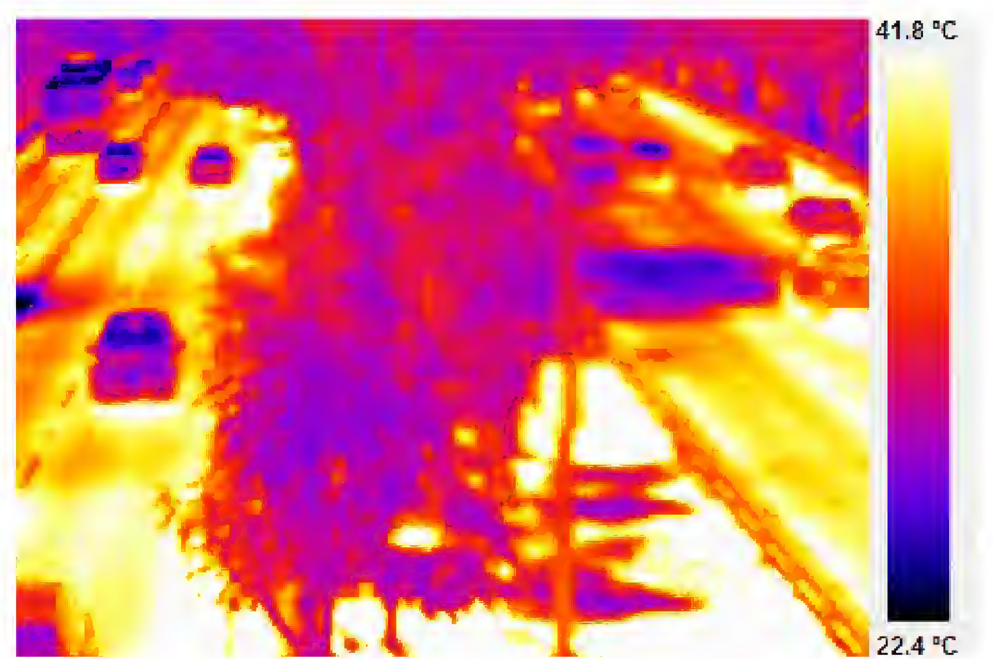


Foto infrarroja del circuito interior. Del lado derecho se indica la temperatura estimada. Se puede notar que el piso blanco del arroyo vehicular tiene la temperatura muy alta y los árboles y algunos autos, probablemente con aire acondicionado, tienen las temperaturas mas bajas. Foto. V.L. Barradas.

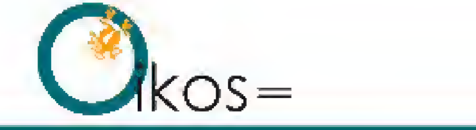
Mitigar los efectos del cambio climático por medio de reflejar radiación de onda corta aumentando el albedo de las ciudades es un problema complejo, ya que una gran parte de la radiación que se refleja la absorbe la atmósfera. En términos numéricos, la radiación que proveniente del Sol y que alcanza la parte más alta de la atmósfera es de 1,366 Watts por metro cuadrado (Wm^{-2},que es la constante solar) y de ésta, alrededor del medio día, llega a la Ciudad de México un poco menos de la mitad (cerca de 600 $W m^{-2}$). En un cálculo a *grosso modo*, si blanqueáramos los techos, y suponiendo que el albedo fuera del 50%, entonces se reflejarían 300 $W m^{-2}$. Si en el camino del punto más alto de la atmósfera a la superficie de la ciudad, la radiación se redujo 766 $W m^{-2}$ (1366-600) ¿cuánto se reducirá en el camino inverso? Es de esperarse que lo mismo. Muy posiblemente la energía reflejada quedará atrapada en las primeras capas de la atmósfera - principalmente en las primeras capas de la tropósfera- y nada de la radiación reflejada alcanzaría el espacio exterior. De ser así, el aire se calentará más al absorber ese exceso de radiación, ¡seguramente incrementando el calentamiento global! Por otro lado, si esta radiación reflejada encontrara en su camino una superficie reflejante como una nube, ésta sería proyectada de regreso a la superficie terrestre.

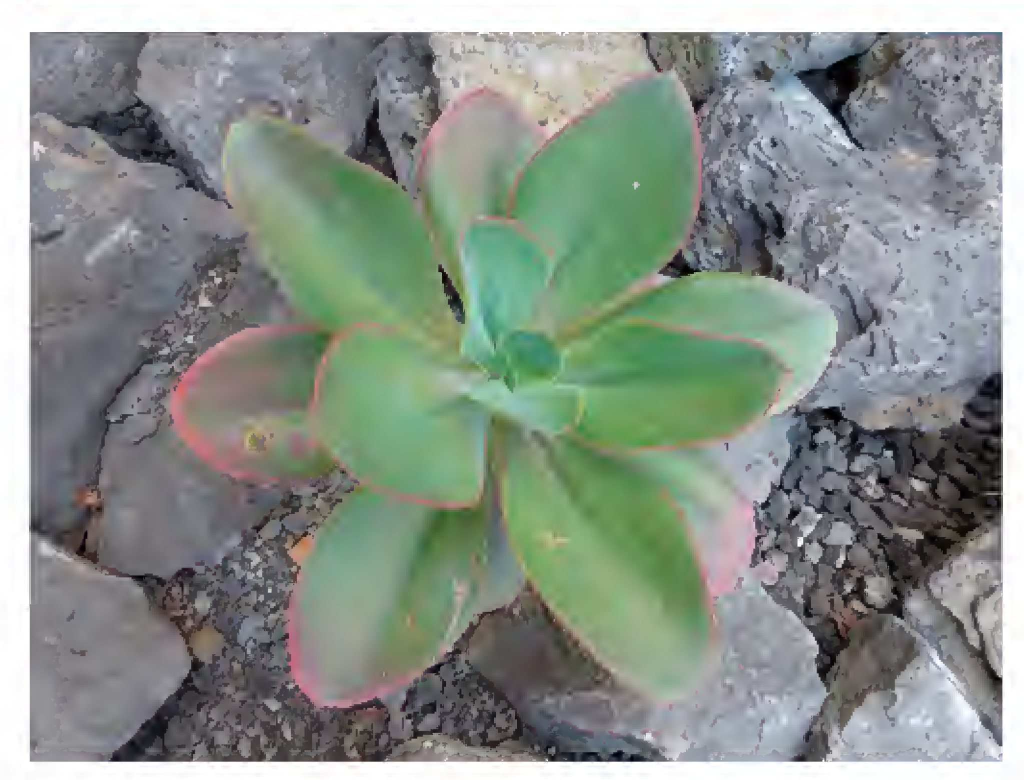
> La palabra *albedo* viene del latín y significa blanco. El albedo es la proporción de radiación solar que se refleja desde la superficie terrestre hacia el espacio exterior

Por ejemplo, en el rediseño del Circuito Interior o Bicentenario de la Ciudad de México, se colocó piso claro para que se reflejara más la radiación solar. No obstante, el efecto de la isla de calor urbana en la ciudad no se ha reducido, y muy probablemente nunca se reducirá con este tipo de prácticas.

En ciudades como la de México, la diferencia entre las épocas cálida y fría, adicionalmente podría invalidar la propuesta de blanqueamiento, ya que en la época de calor podría disminuir la temperatura, pero ésta persistiría y tal vez en la época fría disminuiría más. Esto se debe a que el albedo aumenta debido a la inclinación de los rayos solares, de ahí que muy probablemente se tendría que invertir más energía en calefacción.






Planta de la familia Crassulaceae. Las crasuláceas son plantas suculentas, esto es que sus tallos, hojas y raíces tienen la capacidad de almacenar agua para poder mantenerse en condiciones áridas. Imagen: Wikicommons

Este último argumento podría tomarse a broma por la gente de la Ciudad de México, o de cualquier ciudad de clima templado, con respecto a los habitantes de Acapulco o cualquier ciudad de clima cálido. Sin embargo, el grado de percepción térmica de los habitantes de Acapulco es diferente al de los de Ciudad de México, ya que están aclimatados a diferentes temperaturas, De esta manera, mientras que para los habitantes de la ciudad de México la percepción térmica es de calor o fresco, para los acapulqueños puede ser de frío.

Nosotros estamos proponiendo enfáticamente que se deben implementar sistemas de vegetación urbana, incluyendo las llamadas azoteas verdes, ya que son más eficientes para mitigar esas altas radiaciones a través de la transpiración vegetal. La transpiración vegetal implica que sale agua en forma de vapor principalmente desde las hojas de las plantas pero además, es la forma más barata de producir enfriamiento mediante la evaporación del agua. Estos sistemas de vegetación urbana deben de diseñarse de manera inteligente e informada, y no utilizando sólo puntos de vista estéticos o de arquitectura del paisaje.

La propuesta de usar sistemas de vegetación urbana, no sólo serviría para mitigar los efectos de la radiación solar y la temperatura urbana, sino también para capturar carbono y disminuir la concentración de gases invernadero.

Las azoteas verdes con plantas muy productivas de consumo humano como las hortalizas, o de ornato, podrían contribuir más a mitigar los efectos de la isla de calor urbana y del cambio climático, que blanquear las superficies urbanas. No son útiles los roofgardens (azoteas preferentemente con pasto y plantas sintéticas y que se utilizan para reuniones sociales) ni son adecuadas las azoteas verdes que se promovieron durante la gestión pasada, ya que predominaba el uso de plantas crasuláceas, porque son especies de muy lento crecimiento y transpiran principalmente de noche. Así como esta propuesta de blanqueamiento, seguramente hay muchos otros elementos y propuestas que tienen gran complejidad, y se han tratado en los proyectos ecologistas con ligereza, pero deben de ser analizados con cuidado y formalmente, siguiendo las ideas enunciadas en este ensayo.

Dr. Victor L. Barradas es investigador del Laboratorio de Ecofisiología Tropical del Instituto de Ecología, UNAM. Estudia la interrelación planta-atmósfera con énfasis en el uso del agua por la vegetación y el cambio climático.

Para saber más

- Alonso García, J.A. 2013. Islas de calor, entrevista a V. L. Barradas. *El Faro*, 146: 4-5.
- Barradas, V.L.1990. Las plantas en la ciudad. *Oikos=*, 3:4.
- Barradas, V.L. 2013. La isla de calor urbana y la vegetación arbórea. *Oikos=*, 7: 14-16.
- Ballinas Oseguera, M. 2011. *Mitigación de la isla de calor urbana : estudio de caso de la zona metropolitana de la Ciudad de México*. Maestría en Ciencias de la Tierra. Centro de Ciencias de la Atmósfera-Instituto de Ecología, UNAM.



La Fauna de Xochimilco en problemas

Marisa Mazari Hiriart y Luis Zambrano González

Debido a su valor natural y cultural, Xochimilco es considerado desde 1987 Patrimonio Mundial por UNESCO. Es por ello que preservar este lugar es una responsabilidad para México y los mexicanos, tanto por sus bienes ecológicos y culturales, como por los servicios ecosistémicos que brinda. En particular, la región "Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco" ha sido decretada como Área Natural Protegida, por ser considerada una zona prioritaria para la conservación (Figura 1). Esta designación abarca 207 hectáreas para la conservación del suelo agrícola y del sistema de chinampas, lo que significa que este territorio está protegido y no puede ser utilizado de ninguna forma.

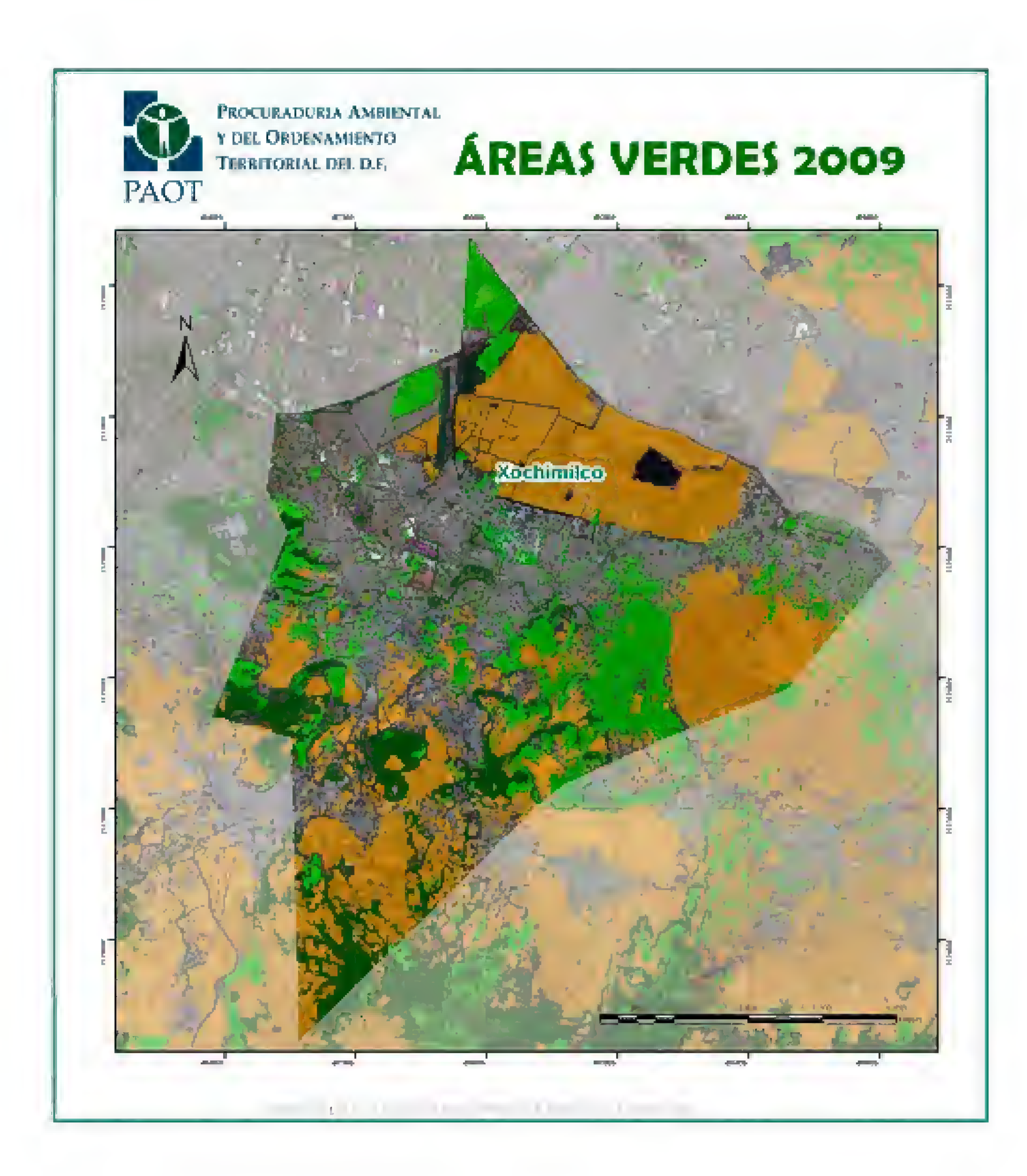


Figura 1. Polígono del Área Natural Protegida de Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. Imagen PAOT.

Pero ¿qué significa la zona de Xochimilco para la ciudad de México? Es un área que brinda importantes servicios ecosistémicos. Por ejemplo, regula las aguas superficiales evitando inundaciones. Al ser una área no urbanizada, permite la recarga lenta de los acuíferos, provee de alimentos, además de brindar humedad y un aire de buena calidad al sur de la ciudad.

A pesar de esto, la presión que ha ejercido la urbanización sobre Xochimilco ha llevado específicamente a la zona de San Gregorio Atlapulco a enfrentar un serio problema de alteración del humedal, un cuerpo de agua de menos de 6 m de profundidad. Específicamente, la expansión de la mancha urbana afecta la calidad del agua, principalmente debido a la descarga de agua contaminada proveniente de los invernaderos, la actividad ganadera y del drenaje urbano.

Muerte masiva de peces en San Gregorio

Durante varios años hemos realizado observaciones sistemáticas en San Gregorio - el humedal más grande de la zona de Xochimilco - que identifican, durante la época de lluvias, un cambio de coloración del agua que pasa del turbio verdoso a un rojo-naranja intenso. Hemos platicado con algunos habitantes de la zona y nos cuentan que varias veces se ha presentado una muerte masiva de peces. Sin embargo, hasta 2013 tuvimos la oportunidad de llegar a tiempo al lugar y tomar muestras de agua, de sedimento y de organismos - peces y ajolotes - que habían muerto debido a este fenómeno.

El 25 de agosto de 2013 nos reportaron la muerte de aproximadamente cuatro toneladas de tilapias (*Oreochromis-niloticus*), que son peces introducidos a la zona de canales del humedal de San Gregorio, cercano al canal de San Sebastián. Acudimos a la zona para tomar las muestras en dos lugares del humedal (Figura 2) para conocer las condiciones ambientales.

¿Qué tenía el agua?

Aún cuando fuimos tres días después del fenómeno, encontramos ese cambio en color a un rojo-naranja intenso, el agua turbia y una gran cantidad de peces muertos flotando en los canales (Figura 3), y como consecuencia un fuerte olor



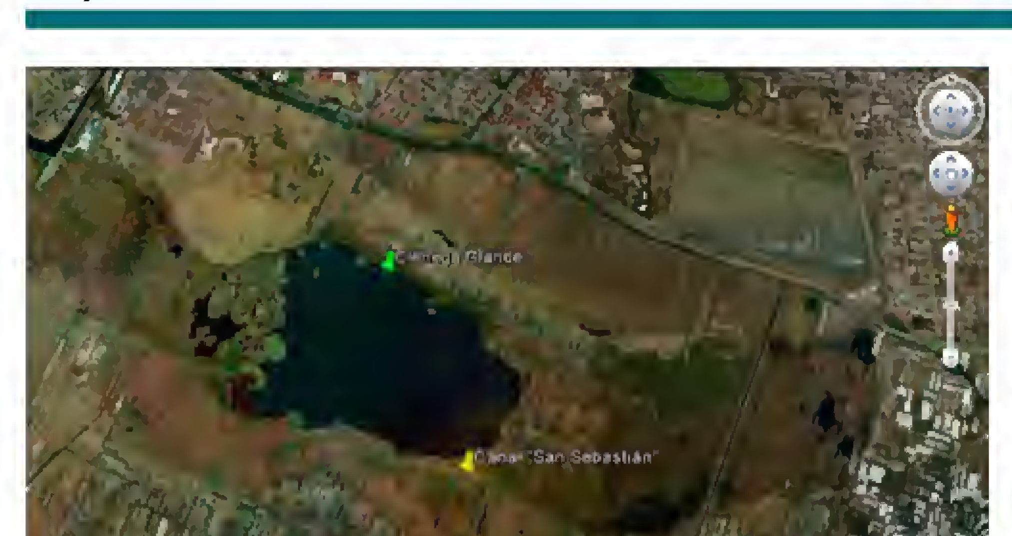


Figura 2. Sitios de muestreo en donde se reportó la muerte masiva de tilapias. Imagen: G. Rodríguez Tapia.

a descomposición. En las muestras de agua encontramos que nutrientes como fósforo total y nitrógeno amoniacal, se presentaban en concentraciones extremadamente altas, similar a los niveles que se detectan en aguas residuales (negras) de origen doméstico. Otras mediciones de las características físicas y químicas del agua también mostraron similitud con agua residual de desecho doméstico concentrada. Por ejemplo, el agua normalmente contiene oxígeno disuelto, gracias al cual los peces y otros organismos pueden respirar dentro del agua, pero en este caso, la concentración de oxígeno fue cercana a cero, lo que se conoce como anoxia en la columna de agua. Los metales, como son el plomo y el fierro, sí estaban dentro de los límites considerados como aceptables por la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua para protección de la vida acuática en cuerpos de agua dulce.

También analizamos a las bacterias que indican contaminación fecal (llamadas coliformes fecales). La cantidad de bacterias por muestra superaron lo recomendado para riego por la Organización Mundial de la Salud y las leyes mexicanas (Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996). Además, encontramos algas de diferentes grupos - incluyendo clorofitas, diatomeas y crisofitas - que podrían haber causado la mortandad masiva de los peces, y producen aceites y/o pigmentos que le dan cierta tonalidad al agua. Sin embargo, por



Figura 3. Alrededor de cuatro toneladas de tilapias flotaban en la zona de muestreo. Foto: M.C. Ayala.

sus características citológicas, no hay evidencia que sugiera que éstas son responsables del color rojizo de las muestras de agua y descartamos que las algas sean responsables de la mortandad de los peces.

Concluimos que el cambio en la tonalidad del agua - como mencionamos anteriormente de verde a un rojo-naranja intenso - se puede deber a sedimentos que fueron arrastrados por una corriente de agua de volumen considerable. Cabe mencionar que el color rojizo que encontramos durante nuestro muestreo es diferente al color que tienen los sedimentos en Xochimilco, formados por arcillas y lodos orgánicos (de color café oscuro a negro) lo que permite suponer que entró agua con sedimentos de sistemas diferentes a Xochimilco en grandes cantidades y en poco tiempo.

¿Qué pasa en el sedimento del fondo del humedal?

También tomamos muestras de sedimento del mismo sitio en el que se obtuvieron las muestras de agua. Los resultados son realmente muy altos para el fósforo total: 510 veces más concentrado en comparación con el promedio obtenido para la columna de agua. Los ortofosfatos, que son compuestos que contienen fósforo y se encuentran como nutrientes en el agua, estaban concentrados 313 veces más en sedimento que en la columna de agua. La fracción de materia orgánica en el fondo del humedal es mayor a 22%, lo que es extremadamente alto.

Analizamos la toxicidad tanto del agua como del sedimento. Los resultados muestran que mientras que la columna de agua no es tóxica, los sedimento sí los son, tal vez debido a la aplicación de plaguicidas en los cultivos de la zona y su progresiva acumulación en los sedimentos. Estudiamos algunos metales, como plomo y hierro, que mostraron valores que rebasan el límite estipulado por la ley mexicana para la protección de la vida acuática.

¿Qué pasa con los organismos?

Aunque recolectamos cerca de 20 tilapias, debido al alto grado de descomposición que presentaban fue imposible proceder a una necropsia confiable. El alto grado de descomposición sugiere que el evento de mortandad masiva sucedió cuando menos tres días previos al muestreo. Además de toneladas de peces, encontramos los cuerpos de cuatro juveniles de axolotes (*Ambystoma mexicanum*) a los que se les hicieron necropsias y diferentes análisis. Estos exámenes sugieren que el episodio de mortandad se puede deber a que súbitamente entró agua con sedimento, los cuales contenían una alta concentración de materia orgánica y nutrientes, lo que provocó que disminuyera la cantidad de oxígeno, ocasionando cierto potencial tóxico. Los sólidos y la materia orgánica provocaron que el agua se hiciera más turbia y que adquiriera una coloración rojiza, contrastante con el sedimento local. El oxígeno que había disuelto en el agua fue utilizado por las bacterias para llevar a cabo la degradación de la materia orgánica que entró, y fue lo que dejó a la columna de agua sin oxígeno y con un alto contenido de sólidos, ocasionando la muerte de los peces y axolotes por asfixia.



Conclusión: ¿A que se debe la mortandad masiva de peces y axolotes?

Encontramos que los niveles de bacterias indicadoras muestran la presencia de materia fecal, y los niveles de bacterias corresponden a las aguas residuales de origen doméstico sin previo tratamiento. En otras palabras, el agua que posiblemente entró al sistema no venía de ninguna planta de tratamiento, o venía sin ser tratada. Los peces muertos y flotando representan una cantidad de materia orgánica adicional, algunos de los cuales al llegar al sedimento propiciaron una acumulación aún mayor de materia orgánica en el sistema. Desde el punto de vista legal, la calidad del agua en el humedal de San Gregorio Atlapulco sobrepasa (en varios parámetros) los límites estipulados por la ley mexicana para su aplicación en riego agrícola. El Sistema de Aguas de la Ciudad de México debería atender el asunto y responder ante este evento de la manera más pronta posible, y debe de estar conciente que eventos extremos como este se pueden repetir en condiciones similares.

De acuerdo con las conversaciones que tuvimos con los habitantes del lugar, estas condiciones extremas se han presentado cada año durante época de lluvias. La explicación apunta a la descarga de agua de mala calidad con sedimentos, materia orgánica y contaminantes que afectan a la fauna local, la cual ya se encuentra debilitada por la contaminación cotidiana. Esta descarga podría provenir de una fuente ilegal de un particular. Otra explicación es que se está utilizando a este humedal como laguna de regulación en los momentos en los que algunas de las presas aledañas rebasan su capacidad máxima. Si este es el caso, la entrada de esta descarga está provocando que los sedimentos acumulados en la presa lleguen en poco tiempo a los canales, explicando el color rojizo del agua. Con la entrada repentina de grandes cantidades de sedimentos y contaminantes, como ya se describió previamente, se reduce la cantidad de oxígeno disponible para los organismos, lo que les provoca muerte por asfixia. Para corroborar esta explicación es necesario tener acceso a la información del Sistema de Aguas de la Ciudad de México respecto a la descarga de presas y la calidad del agua de las mismas.

Marisa Mazari Hiriart, es investigadora del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad del Instituto de Ecología, UNAM. Se especializa en calidad del agua en ecosistemas urbanos, específicamente hace investigación relacionada con contaminación ambiental del agua y suelo, calidad microbiológica de sistemas acuáticos y distribución espacial de fuentes contaminantes.

Luis Zambrano González, es investigador del Laboratorio de Restauración Ecológica del Instituto de Biología de la UNAM. Se especializa en ecología de comunidades acuáticas. Estudia la conservación desde diversos puntos de vista: biogeografía, ecología, manejo de ecosistemas y restauración ecológica.

Para saber más

- Ley Federal de Derechos. 2012. *Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales*. 28 diciembre, 2012.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. *Que establece los límites permisibles de contaminantes en descargas en aguas y bienes nacionales*. México, D.F. 6 enero, 1997. (Revisión 23 abril, 2003).
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2012. *WorldheritageList*, 2012.
- Mazari-Hiriart, M. y L. Zambrano. 2013. *Los animales de Xochimilco.* Los animales de Xochimilco en problemas. Blog. Ecosistemas Urbanos.



Hecho en casa

El teocintle: ¿un modelo "perfecto"para el estudio de la evolución?

Alberto Villasante Barahona

Los organismos vivos cambian con el tiempo. Esta noción histórica que tenemos de la vida se la debemos a naturalistas como Charles Darwin y Alfred R. Wallace, quienes fueron pioneros en observar a la vida como un ente cambiante. A partir de entonces, una gran cantidad de científicos tales como Theodosius Dobshansky, Ronald Fisher, John Haldane, Sewall Wright, Motoo Kimura y muchos más, respaldaron poco a poco a la teoría evolutiva con investigación creativa y de vanguardia. Para realizar dicha investigación tuvieron que utilizar organismos tanto silvestres como organismos modelo controlados en laboratorio. Actualmente la evolución de las especies a través de las generaciones es un hecho que podemos evidenciar, sin embargo, aún quedan muchas preguntas que resolver sobre este proceso de cambio.

El teocintle, también llamado maíz silvestre, no está exento del cambio a lo largo de las generaciones. De hecho es un género de plantas cuya evolución reciente ha sido influenciada por la acción del ser humano. Existen siete especies de teocintle y, hace aproximadamente 10 000 años alguna de estas especies llamó la atención de los humanos asentados en el territorio mexicano, quienes la seleccionaron artificialmente. El resultado de este proceso selectivo es la amplia diversidad de maíz comestible que hay en México. El maíz pertenece al género *Zea*, a la especie *mays* y a la subespecie *mays*. Los teocintles más emparentados con el maíz se encuentran dentro de este mismo género y especie, pero clasificados como dos subespecies diferentes: *Zea mays* ssp. *parviglumis* (sólo *parviglumis* en adelante) y ssp. *mexicana* (*mexicana* en adelante). Estos dos teocintles son distintos morfológicamente, al maiz, pero con algunas similitudes (Figura 1) y a diferencia de éste son especies silvestres que se distribuyen naturalmente en gran parte de México. Todo esto hace de los teocintles organismos interesantes para investigar la manera en que los seres vivos están evolucionando en condiciones naturales.

El primer paso para estudiar la evolución de una especie es conocer el motor de cambio del organismo en cuestión, esto es, su diversidad genética. Es por eso que en este trabajo cuantifiqué en cinco poblaciones, la diversidad genética de *parviglumis* y *mexicana*, e identifiqué la manera en que se distribuye en un gradiente en el centro-sur del país (Figura 2). Utilicé nueve marcadores moleculares altamente variables, conocidos como microsatélites, en 30 individuos de cada población. Con estos datos, analicé la historia evolutiva y evalué el estado de conservación de las poblaciones.

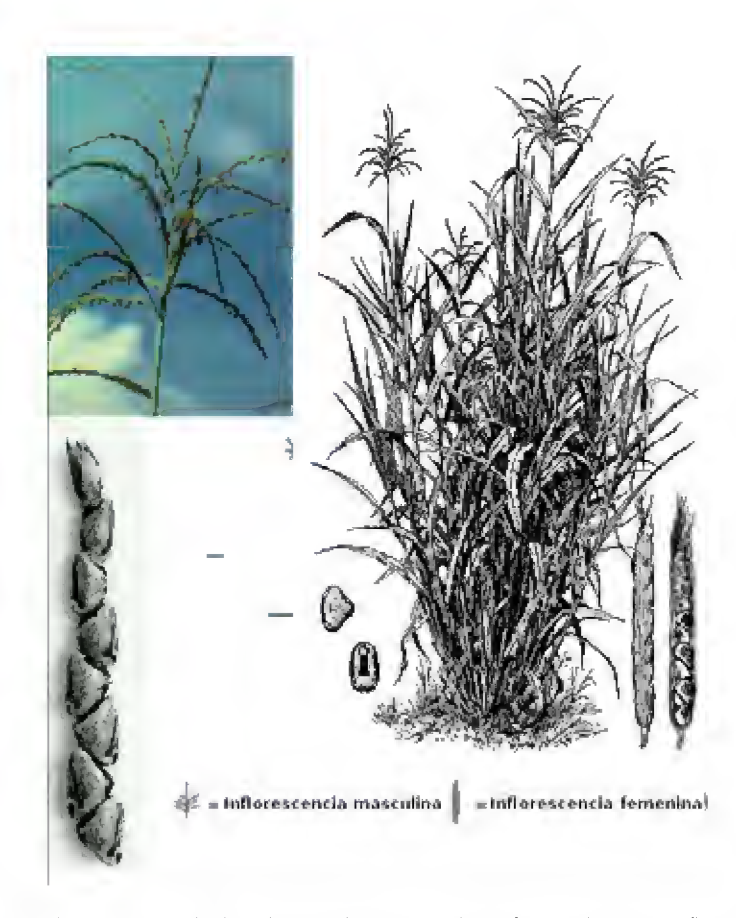


Figura 1. Ilustración de la planta de teocintle y fotos de sus inflorescencias.

Aplicando estos métodos confirmé conocimiento previo, reportado por otros estudios y formulé algunas conclusiones interesantes: *i*) el teocintle es un taxón excepcionalmente diverso, *parviglumis* y *mexicana* actualmente tienen diversidad genética por arriba del promedio incluso dentro de su familia de plantas, familia Poaceae, la cual se considera de alta diversidad genética; *ii*) a lo largo de la porción del territorio mexicano analizado, todas las poblaciones sin excepción conservan esta gran diversidad; *iii*) *parviglumis* es ligeramente más diversa que *mexicana*. Estas observaciones sobre la diversidad genética del teocintle nos hablan de un taxón con un inmenso potencial evolutivo.

Este gran potencial evolutivo es posible identificarlo en la historia de *parviglumis* y *mexicana*, subespecies que se separaron recientemente (hace unos 60,000 años). Actualmente las distribuciones de ambas subespecies no se sobrelapan. En *parviglumis,* que es la subespecie de mayor distribución geográfica y ambiental, las poblaciones ya están diferenciadas



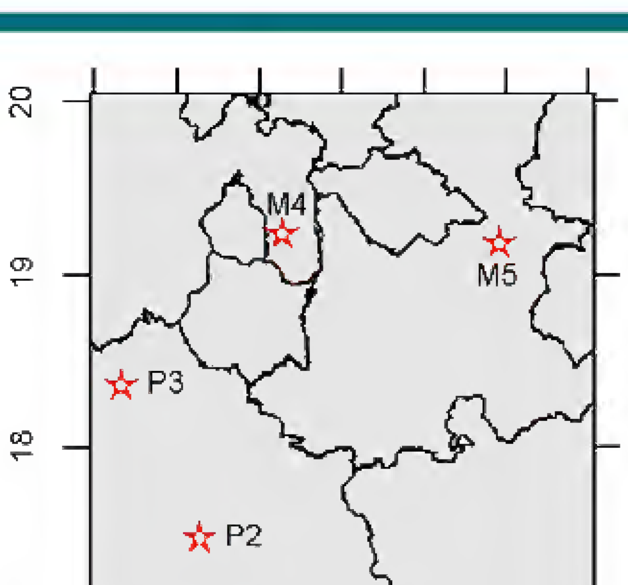


Figura 2. Puntos de colecta del material biológico de teocintle en México.

entre ellas; dentro de *mexicana*, que tiene distribución ambiental más pequeña, es poca la diferenciación (Figura 3). De acuerdo con lo anterior, mis análisis con las variables ambientales y la diferenciación genética sugieren que el ambiente tiene un papel muy importante en la especiación de estos teocintles, un papel que incluso parece ser más importante que el de la simple separación geográfica de las poblaciones. Este factor ambiental en la especiación del género parece interesante y se debería profundizar la investigación sobre él, ya que podría darnos respuestas a cuestiones clave de evolución adaptativa por selección natural en condiciones naturales.

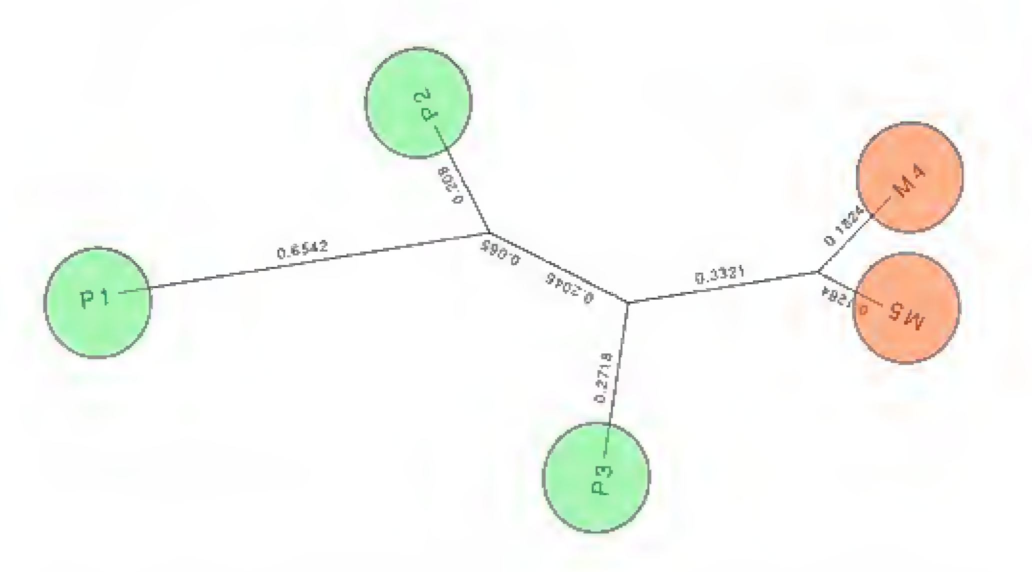


Figura 3. Árbol de distancias genéticas. Las poblaciones de *parviglumis* (verde) son distantes, las de *mexicana* (rojo) son cercanas.

Por último, en este trabajo analicé el efecto que el paisaje podría tener en el interior de las poblaciones de teocintle. Quise obtener pistas sobre cómo el cambio de uso de suelo afecta a la forma en que crecen y se reproducen los individuos de teocintle e incluso saber si por alguna razón su existencia está amenazada localmente. Utilicé percepción remota para categorizar el uso de suelo (Figura 4) en cada una de las poblaciones, y relacioné esta información con la cantidad de diversidad genética que encontré y con otros parámetros que hablan de la reproducción. Mis resultados indican una relación entre la endogamia (cruza entre parientes) con la perturbación del paisaje, pero sólo es una tendencia, no encontré un patrón claro.

Los resultados y conclusiones de esta investigación me llevan a meditar sobre la verdadera utilidad del teocintle para investigación de los procesos evolutivos. El teocintle se está convirtiendo en una planta modelo de la cual muchos investigadores de la biología moderna desean obtener verdaderas respuestas sobre evolución. Para ello es necesario mucho trabajo, tanto de áreas de investigación de vanguardia tales como la genética y genómica, como de experimentos clásicos que generan resultados sencillos, a grande y pequeña escala, que puedan ayudar a entender paso a paso la evolución del teocintle, para reforzar los cimientos sobre los cuales estamos construyendo la historia de la vida en el planeta.



Figura 4. Imagen satelital del área cercana a una población. El color verde señala área sin perturbar, el azul zonas de cultivo y el rojo construcciones urbanas.

Alberto Villasante Barahona es biólogo egresado de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Realizó esta investigación como tesis de licenciatura en el Instituto de Ecología de la UNAM. Actualmente se encuentra en espera para ingresar a un programa de posgrado en el extranjero.

Para saber más

- Eguiarte, L.E., J. A. Aguirre-Liguori, L. Jardón-Borbolla, E. Aguirre-Planter y V. Souza. 2013. Genómica de poblaciones: nada en evolución va a tener sentido sino es a a luz de la genómica, y nada en genómica tendrá sentido si no es a la luz de la evolución. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas,* 16:42-56.

- Villasante Barahona, A. 2013. Diversidad y estructura genética del teocintle anual *Zea mays* ssp. *parviglumis* Iltis & Doebley y *Zea mays* ssp. *mexicana* (Schrader) Iltis, en un gradiente geográfico y ambiental. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM.



Opinión

Estudiantes de calidad y asesoría de calidad

Alejandro Córdoba Aguilar

A nadie le debe sorprender que la competencia por puestos de trabajo sea cada vez más terrible, y la academia no es la excepción. Es por esto que, de hecho, la vida académica cada vez resulta como una opción menos atractiva para las nuevas generaciones. Por ejemplo, en el artículo *The missing piece to changing the university culture* publicado por la revista *Nature Biotechnology*, los autores calculan que en Estados Unidos, por cada ocho estudiantes de doctorado que obtienen su grado, hay una sola oferta de trabajo. Esta diferencia se ha ido acentuando con los años por lo que la disparidad será cada vez mayor.

A nivel nacional, hay dos fuerzas opuestas que explican esto. Por el lado de los alumnos graduados, están los que no pierden la motivación de formarse como doctores (los cuales se incrementan más, a juzgar por la matrícula cada vez mayor de egresados de las carreras científicas) y los que promueven formarlos. Estos procesos navegan en el mismo rumbo: existen cada vez más posgrados y los académicos establecidos que reclutan y forman gente reciben beneficios de hacer esto, como por ejemplo en términos de mejores ingresos económicos. Sin embargo, como fuerza en sentido opuesto están los puestos de trabajo: los sitios que solicitan académicos con posgrado en su gran mayoría pertenecen a los gobiernos federales o estatales, y estos lugares, de forma entendible, no tienden a crecer. Aunque en la UNAM aparentemente estamos teniendo un respiro en términos de nuevas contrataciones, gracias a un programa que permite que por cada investigador que se retire, se obtengan nuevos puestos de trabajo. Pero fuera de esto, sitios como los centros SEP-CONACYT, CINVESTAV u otras universidades y dependencias del gobierno, no pueden absorber actualmente ni "tantito" el número de doctores que forman. Esto, claramente, es una paradoja.

Estas circunstancias, si bien deben modificarse (México necesita muchos más investigadores y académicos para siquiera acercarse a los niveles del primer mundo y para resolver sus problemas nacionales), se mantendrán por un tiempo indefinido. Y por lo pronto, no queda más que jugar al juego que se está jugando. Si bien me es claro que no hay trabajo para todos los futuros doctores, sí creo que tanto los estudiantes como los que los formamos no estamos jugando bien ese juego. Por ejemplo, los doctorados de los programas donde mayormente participamos en nuestro instituto, siguen teniendo como requisito de titulación un sólo artículo aceptado (o publicado, sobra decir). Aunque esta medida no tiene nada que ver con el objetivo de que los alumnos consigan trabajo, lo sorprendente es que mucha gente no se toma a pecho esta mínima productividad. Muchos proyectos originales sólo ponen una "veladora" para que el estudiante consiga ese artículo y se vaya. La visión de formación de recursos humanos es sólo por el tiempo que dura el doctorado, y nada más.

En mi opinión, esta visión significa enviar a los estudiantes a la guerra sin fusil. El resultado para esos nuevos doctores es tener muy poca probabilidad de encontrar un trabajo. Esto es sobretodo lamentable para aquellos nuevos doctores con grandes capacidades, ya que no podrán desempeñarse en la academia. Creo que todos conocemos muchos casos tristes.

Si bien el problema de una productividad pobre durante el doctorado tiene más aristas (por ejemplo, las capacidades del estudiante), los académicos no hemos aprendido a lidiar con ellas. Por ejemplo, no hacemos una especie de inducción previa a la entrada al doctorado, donde se alerte a los estudiantes del mundo competido al que se enfrentan.

Pero suponiendo un mundo ideal, donde estas aristas se corrigieran, todos debemos poner de nuestra parte para que nuestros estudiantes sean lo más exitosos jugando el juego que arriba menciono. Para pronto, los académicos deberíamos sentarnos y analizar cómo proveer esas mejores herramientas e implementarlas. Esto, al menos en mi caso, nos dará cierta paz mental de saber que hemos hecho todo lo posible por ayudar a estas nuevas generaciones.

Dr. Alejandro Córdoba Aguilar es investigador del Instituto de Ecología con intereses en temas como selección sexual, inmunidad, control hormonal y biología de la conservación de insectos.

Para saber más

- http://cordoba-aguilar.jimdo.com



Noticias académicas

Inauguración del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad

Clementina Equihua Z.

El pasado 2 de abril inauguramos el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) del Instituto de Ecología. El nuevo edificio incluye laboratorios y espacios para realizar investigación y docencia de punta, vinculados con la solución de problemas nacionales.



Este novedoso espacio representa, en palabras del director del instituto, el Dr. César A. Domínguez Pérez Tejada, "una nueva forma de vinculación entre el quehacer científico y la gestión pública". El inmueble cuenta con ventilación e iluminación natural, y es eficiente desde el punto de vista energético, creando condiciones de trabajo confortables. Para la construcción se usaron materiales reciclados o, en la medida de lo posible, con certificados sustentables. Las instalaciones también tienen equipos que ahorran agua y energía, y un sistema que dirige las aguas pluviales a la Reserva del Pedregal



de San Ángel (REPSA). Adicionalmente, el edificio del LANCIS se abastece de electricidad por medio de paneles fotovoltaicos que producen 100% de la energía que requieren las instalaciones. El costo del edificio no estuvo por arriba de uno equivalente, y ofrece muchos beneficios ambientales.

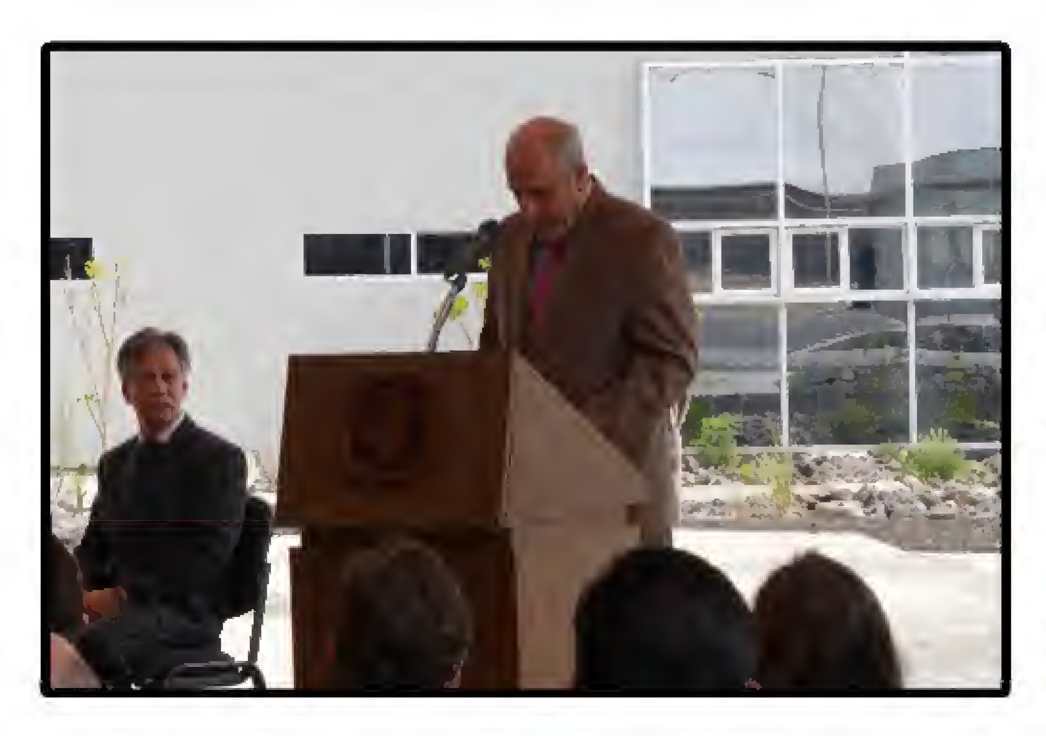
Al iniciar el evento, el Dr. Domínguez habló sobre la importancia del trabajo de investigación que se realizará en el LANCIS. Este laboratorio representa "un consorcio entre instituciones académicas y el sector gubernamental encargado de las políticas ambientales del país". Para materializar este proyecto participaron el Instituto de Ecología, el Instituto de Ingeniería y el Programa de Medio Ambiente (PUMA) por parte de la UNAM, y como contraparte del gobierno federal, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).







El Dr. Enrique Cabrero Mendoza, director de CONACYT, mencionó que el objetivo más importante del LANCIS "es vincular el conocimiento científico con la toma de decisiones", lo que es una contribución importante para el tránsito de México hacia la sociedad del conocimiento. "Se trata de potenciar las contribuciones que aporta el conocimiento a favor del desarrollo sostenible."



Por su parte, el Ing. Rodolfo Lacy Tamayo, subsecretario de Planeación y Política Ambiental, en representación del secretario de la SEMARNAT, mencionó que el LANCIS conjunta un espacio en el cual confluyen diversas disciplinas y herramientas poderosas para tomar mejores decisiones. Este modelo se debe replicar en otras partes del país con el fin de ayudar a tomar decisiones locales.

Para finalizar la ceremonia, el rector de la UNAM, el Dr. José Narro Robles consideró que la inauguración del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad debe ser una celebración, ya que se atienden áreas muy importantes, específicamente las relacionadas con el ambiente. Para el Dr. Narro los temas ambientales son uno de los "asuntos de la agenda del siglo XXI." Considerando a los asistentes al evento, mencionó que había indicios de que estos temas se podrían abordar desde diversos puntos de vista: "desde la perspectiva de la investigación científica y también desde el campo de las humanidades", de lo público y también de lo no público.



Continuó señalando que "el tema ambiental es de todos, porque el tema tiene que ver con todo, porque se trata de uno de los grandes puntos de encuentro: de lo individual y de colectivo, de lo urbano y lo rural, del desarrollo social y del económico. Tiene que ver con todo". El Dr. Narro fue enfático, "el tema del ambiente tiene que ver con el desarrollo nacional".

Como invitados al evento asistieron representantes de los titulares de la CONANP, INECC, CONACYT, del sector ambiental y numerosos universitarios incluyendo miembros del instituto y de otras dependencias, académicos de otras instituciones y público en general.

Fotografías: L.E. Eguiarte, R.I. Martínez y C. Equihua Z.



